

ELECTRICAL DISCHARGE MACHINE, AND MACHINING FLUID FOR ELECTRICAL DISCHARGE MACHINE

Publication number: JP2005103709

Publication date: 2005-04-21

Inventor: MIKI SHINSUKE; KATOHI HIDETAKA

Applicant: MITSUBISHI ELECTRIC CORP

Classification:

- International: B23H1/02; B23H1/08; B23H1/02; B23H1/00; (IPC1-7):
B23H1/02; B23H1/08

- European:

Application number: JP20030341212 20030930

Priority number(s): JP20030341212 20030930

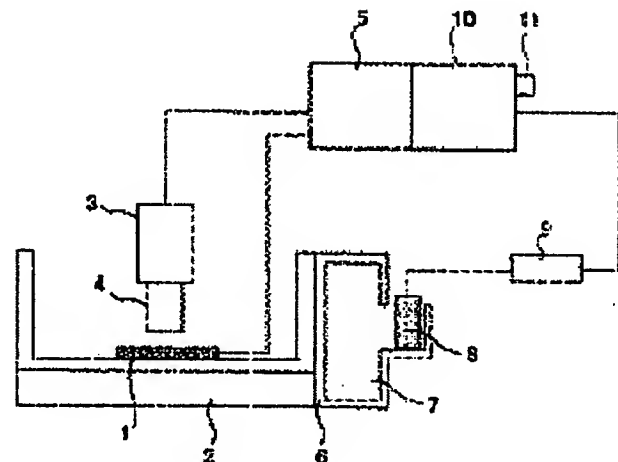
Report a data error here

Abstract of JP2005103709

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electrical discharge machine for providing a desired machining characteristic, regardless of kinds of machining fluid and degree of degradation.

SOLUTION: The electrical discharge machine includes: monitoring means (a sensor 8, and a machining characteristic determination device 9) which perform monitoring of at least one of volume resistivity as physical property of the machining fluid 7, capacitance, and viscosity, and which acquires the corresponding physical property value from the monitoring result; and a control means (a machining condition generation device 10) which controls machining conditions such as applied voltage, pulse width, machining current characteristics, and a halting time, on the basis of the comparison between an aging effect condition of the machining fluid 7 indicated by the physical property value obtained by the monitoring means and a predetermined data group of the machining fluid excellent in machining characteristics.

COPYRIGHT: (C)2005,JPO&NCIP



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本特許庁(JP) (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2005-103709
A
2005-103709A
(43) 公開日 平成17年4月21日(2005. 4. 21)

(51) Int. Cl. ⁷		F 1		ターマコード (番号)	
B 23 H 1/02	1/02	B 23 H 1/02	D	3 C 059	
B 23 H 1/08	1/08	B 23 H 1/08			
審査請求 承認 請求項の表 7 O L (全 13 頁)					
(21) 出願番号	特願2003-341212 (2003. 3. 12)	(71) 出願人	000068013		
(22) 出願日	平成15年9月30日 (2003. 9. 30)		三菱電機株式会社		
		(74) 代理人	100089118		
			外理士 堀井 宏明		
		(72) 発明者	三本 伸介		
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三		
			菱電機株式会社内		
		(72) 発明者	加藤 木 英隆		
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三		
			菱電機株式会社内		
		Fターム(番号)	3 C 059 A 01 A 800 C 010 C 006 C 001 C 007 C 008 C 002 C 003 E 408 J 805		

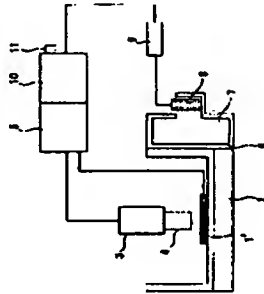
(54) 【発明の名称】 放電加工装置および放電加工装置用加工液

(57) 【要約】

【課題】 加工液の選別や劣化度に関係なく所望の加工特性が得られる放電加工装置を得ること。

【解決手段】 加工液7の特性である体積抵抗率、静電容量、粘度のうちの少なくとも1つをモニタリングし、そのモニタリング結果から対応する物性値を求めるモニタリング手段(センサー8、加工特性判定装置9)と、前記モニタリング手段が求めた物性値が示す加工液7の経時変化状態と予め用意した良好な加工特性を示す加工液のデータ群との比較に基づき印可電圧、パルス幅、加工電流特性、休止時間等の加工条件を制御する制御手段(加工条件生成装置10)とを備えている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被加工物と加工電極との間の微少な加工間隙を加工液で満たした状態で被加工物と加工電極との間にパルス状電圧を印加して被加工物に加工を施す放電加工装置において、

前記加工液の物性である体積抵抗率、静電容量、粘度のうちの少なくとも一つをモニタリングし、そのモニタリング結果から対応する物性値を求めるモニタリング手段と、

前記モニタリング手段が求めた物性値が示す加工液の経時変化状態と予め用意した良好な加工特性を示す加工液のデータ群との比較に基づき印可電圧、パルス幅、加工電流特性、休止時間等の加工条件を制御する制御手段と、

を備えたことを特徴とする放電加工装置。

【請求項 2】 前記制御手段は、

前記モニタリング手段が求めた物性値が示す加工液の経時変化状態と予め用意した良好な加工特性を示す加工液のデータ群との比較に基づき加工液の交換時期を報知する機能、

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の放電加工装置。

【請求項 3】 前記制御手段は、

前記モニタリング手段が求めた物性値が示す加工液の経時変化状態を時々刻々配給し、加工液の物性値が初期値から予め設定した閾値にまで変化したとき、もしくは、時々刻々の加工液状態の変化に合わせて、その加工液の物性値に応じて予め用意した良好な加工特性を示す加工液のデータ群を参照し、印可電圧、パルス幅、加工電流特性、休止時間等の加工条件のうちの一つの加工条件の設定を変化させ、または、複数の加工条件の設定を変化させ、時々刻々の加工状態変化に応じた適応制御を行う機能、

を備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の放電加工装置。

【請求項 4】 前記制御手段は、

前記モニタリング手段が体積抵抗率、静電容量、粘度の全ての物性値を求めるときは、その全ての物性値から目的とする加工特性における加工液経時変化状態を判定することを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載の放電加工装置。

【請求項 5】 前記制御手段は、

前記予め用意した良好な加工特性を示す加工液のデータ群に基づき、加工液の体積抵抗率、静電容量、粘度のうちの少なくとも1つの物性値に応じて最適化した加工条件を設定したデータベース、

を備えることを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載の放電加工装置。

【請求項 6】 前記モニタリング手段は、

前記加工液の物性である体積抵抗率、静電容量、粘度のうちの少なくとも1つを計測し、時々刻々の物性値変化を求める機能、

を備えることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一つに記載の放電加工装置。

【請求項 7】 体積抵抗率が $5.0 \text{ E} + 12 \Omega \cdot \text{cm} \sim 1.0 \text{ E} + 15 \Omega \cdot \text{cm}$ で、静電容量が $1.9 \text{ pF} \sim 2.2 \text{ pF}$ で、粘度が $1.5 \text{ cSt} \sim 3.0 \text{ cSt}$ である物性を有つことを特徴とする放電加工装置用加工液。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、被加工物と加工電極との間の微少な加工間隙を加工液で満たした状態で被加工物と加工電極との間にパルス状電圧を印加して被加工物に高精度な加工を施す放電加工

装置

50

工装置および放電加工装置用加工液に関するものである。

【背景技術】

【0002】

放電加工装置での加工条件は、新品加工液の体積抵抗率や粘度等の物性を考慮して定めらるゝのが一般的である。しかし、放電加工装置にて使用される加工液は、放電エネルギーによって熱劣化や酸化劣化が起こり、分解物や脂防酸、脂防金属塩等を生成するので、使用時間に応じて物性が変化し、加工特性が低下するので、初期設定した加工特性が得られなくなる。

【0003】

そこで、従来から、加工液をモニタリングし、そのモニタリング結果を加工条件にフィードバックして所望の加工特性を得る方法（例えば特許文献1）や、加工液を選定する方法（例えば特許文献2）、加工液の良否を検査する方法（例えば特許文献3）などが提案されている。

【0004】

すなわち、特許文献1では、加工液の体積抵抗率を検出し、加工液の体積抵抗率が所定値以上低下したことを検出したとき直流電圧源の出力直流電圧を増大させる方法が開示されている。

【0005】

また、特許文献2では、油性放電加工液の加工速度を向上させることを目的に、融媒を炭化水素に反応させて得られる含硫黄炭化水素、融媒を油脂に反応させて得られる含硫黄油脂あるいはアルキルポリスルフィドの少なくとも1種を1〜20重量%含む油性放電加工液を選択する方法が開示されている。

【0006】

また、特許文献3では、2個の電極を所定距離離隔させて一体に形成した検査用電極を用い、パルス電源装置の一方の電極を通電線を通じて第3の電極に接続すると共に他方の電極を通電線を分岐した2本の分岐通電線を通じて前記2個の電極にそれぞれ接続し、電源装置から間歇的な電圧パルスを繰返し供給して繰返し放電を発生させ、前記2本の分岐通電線のそれぞれを流れる電流値から前記2個の電極の内のどちらの電極で放電が発生したかを判別し、放電発生電極が一方の電極から他方の電極に、又はその逆に代った回数の全放電発生回数に対する比率（放電点分散率）を求めて、該比率の値により被検査加工液の良否を判定する方法が開示されている。

【0007】

なお、例えば特許文献4、5では、加工中の放電パルス状態を監視して加工の良否を判定し、良好な加工状態が得られるように加工用電源を制御し、安定な加工状態から外れた場合は加工効率を低下させる措置を講じて回避動作を行い、良好な状態に回復した場合に、回避動作から復帰動作に戻る適応制御機能を用いた放電加工装置が開示されている。

【0008】

【特許文献1】特開平8-174337号公報

【特許文献2】特開平5-138440号公報

【特許文献3】特開平10-15737号公報

【特許文献4】特開平2-212041号公報

【特許文献5】特開平5-116030号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、特許文献1に記載の技術では、体積抵抗率が低下すると放電電流が増加するので、出力電流電圧を増大させるとさらに放電電流が増加し、加工後のワーク面質の低下や面粗さの悪化等を引き起こす。体積抵抗率が低下すると絶縁が十分に回復しない状態で放電となるので集中放電が起こり、ワークにシミ（黒い点）等が発生する。また、出力電流電圧を増加させても集中放電の改善にはならない。その結果、加工特性の改善に

繋がらないという問題がある。

【0010】

また、特許文献2に記載の技術では、融媒系化合物を添加してもベースオイルの種類や物性、他の成分により加工液としての物性は大きく変化する。ベースオイルが異なれば意図する加工特性が得られない。また、一般的に加工速度が大き過ぎると仕上げ面粗さは低下するが、特許文献2に記載の技術では、この点を考慮していないので、仕上げ面粗さを考慮した加工特性が得られないという問題がある。

【0011】

また、特許文献3に記載の技術では、放電点分散率の低下がなくても加工液の経年劣化による体積抵抗率の低下で電流密度が増加し加工特性が低下する場合があり、懸った良否判定が起こるという問題点がある。

【0012】

この発明は、上記に鑑みてなされたものであり、加工液の種類や劣化度に関係なく所望の加工特性が得られる放電加工装置を得ることを目的とする。

【0013】

また、この発明は、放電点分散を伴わない加工液の劣化であっても加工液の交換時期が判定できる放電加工装置を得ることを目的とする。

【0014】

さらに、この発明は、ベースオイルと添加剤の組み合わせに関係なく加工速度、仕上げ面粗さが向上できる放電加工装置用加工液を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、この発明は、被加工物と加工電極との間の微小な加工間隙を加工液で満たした状態で被加工物と加工電極との間にパルス状電圧を印加して被加工物に加工を施す放電加工装置において、前記加工液の物性である体積抵抗率、静電容量、粘度のうちの少なくとも一つをモニタリングしそのモニタリング結果から対応する物性値を求めるモニタリング手段と、前記モニタリング手段が求めた物性値が示す加工液の経時変化状態と予め用意した良好な加工特性を示す加工液のデータ群との比較に基づき印可電圧、パルス幅、加工電流特性、休止時間等の加工条件を制御する制御手段とを備えたことを特徴とする。

【0016】

この発明によれば、加工液の体積抵抗率、静電容量、粘度のうちの少なくとも一つをモニタリングして加工液の物性に応じた印可電圧、パルス幅、加工電流特性、休止時間等の加工条件を制御することにより最適な加工条件での加工を可能にしたので、加工液の種類や劣化度に関係なく所望の加工特性が得られる。

【発明の効果】

【0017】

この発明によれば、加工液の種類や劣化度に関係なく所望の加工特性が得られるという効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下に添付図面を参照して、この発明にかかる放電加工装置および放電加工装置用加工液の好適な実施形態を詳細に説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0019】

図1は、この発明の一実施形態である放電加工装置の構成を示すブロック図である。ここで、図1に示す放電加工装置について説明する前に、加工液について説明する。この発明が対象とする放電加工装置は、形彫放電加工装置であるが、この形彫放電加工装置で使用される形彫放電加工液に要求される性能としては、以下の7点が挙げられる。

【0020】

すなわち、(1) 粘度が低く、加工屑やターナルなどを放電ギャップ外に放出しやすいこと、(2) 絶縁性に優れること、(3) 冷却性に優れること、(4) 臭気が高く作業者に対して不快を与えないこと、(5) 火点、沸点が高いこと、(6) 化学的に安定であり、有害なガスを発生しないこと、(7) 加工装置、ワークを腐食しないこと、形彫放電加工装置では、これらの性能を考慮し、低粘度の炭化水素系化合物あるいは低粘度の炭化水素系化合物に酸化防止剤や冷却剤や切削剤や冷却剤を添加した加工液が一般に使用されている。

[0021]

一般に、加工条件は、新品加工液の体積抵抗率、粘度等の物性を考慮して設定されているが、加工液では、放電エネルギーにより熱劣化や酸化劣化が起こり、分解物、重合物や脂肪酸、脂肪酸金属塩等を生成するので、使用時間に応じてその物性が変化する。そして、使用時間に応じて加工液の物性が変化し、体積抵抗率が低下する。体積抵抗率が低下すると、絶縁が十分に回復しない状態での放電となるので集中放電が起こり、ワークにシミ(黒い点)等が発生する。その結果、加工特性が低下し、初期設定の加工特性が得られなくなる。したがって、加工液の種類や劣化度に関係なく所望の加工特性が得られるようにする措置が必要となる。

[0022]

図2～図4は、この発明の発明者らが形彫放電加工液の新品と劣化品に関して加工液物性と加工特性(加工速度と加工後のワークの仕上げ面粗さ)を詳しく分析・評価した結果を示す。なお、各国において、◆印は、加工液A(新品)であり、■印は、加工液Aの劣化品(3年使用)であり、●印は、加工液B(新品)であり、▲印は、加工液C(新品)であり、×印は、加工液Cの劣化品(1年使用)であり、+印は、加工液D(新品)である。

[0023]

図2は、荒加工速度と体積抵抗率との関係特性を示している。図2において、横軸は荒加工速度(mm^3/min)であり、縦軸は体積抵抗率($\Omega \cdot \text{cm}$)である。図2に示すように、加工液が劣化するに伴い、体積抵抗率(JISC2101)は低下するが、荒加工速度は速くなる傾向を持つことが分かる。図2では、体積抵抗率が $1.5E+14 \Omega \cdot \text{cm}$ から $1.5E+13 \Omega \cdot \text{cm}$ に低下すると、荒加工速度は約1.6倍増加したことが示されている。

[0024]

このことは、加工液では、放電エネルギーにより熱劣化や酸化劣化が起こり、分解物、重合物や脂肪酸、脂肪酸金属塩等や加工屑(金属粉)を生成するので、体積抵抗率が低下することを示していると考えられる。このとき、放電加工から見ると、通電性が向上したことから、絶縁回復までの時間が短くなるために、絶縁破壊までの時間が短くなった分、加工速度が向上することを示していると考えられる。

[0025]

図3は、仕上げ面粗さと体積抵抗率との関係特性を示している。図3において、横軸は仕上げ面粗さ($\mu\text{m Ry}$)であり、縦軸は体積抵抗率($\Omega \cdot \text{cm}$)である。図3に示すように、加工液が劣化するに伴い、体積抵抗率(JISC2101)が低下すると、仕上げ面粗さは悪くなる傾向を持つことが分かる。

[0026]

このことは、加工液が劣化して体積抵抗率が低下すると、絶縁が十分に回復しない状態での放電となるので集中放電が起こり、ワークにシミ(黒い点)等が発生したために、加工面質が低下し、面粗さが低下することを示していると考えられる。

[0027]

図4は、仕上げ面粗さと静電容量との関係特性を示している。図4において、横軸は仕上げ面粗さ($\mu\text{m Ry}$)であり、縦軸は静電容量(pF)である。図4に示すように、体積抵抗率と同様、静電容量(JISC2101)が小さくなると、仕上げ面粗さは悪くなる傾向を持つことが分かる。図4では、静電容量が 2.068 pF から 1.96 pF に低下すると、仕上げ面粗さは $3.100 \mu\text{m Ry}$ から $4.071 \mu\text{m Ry}$ に悪化したことが示

されている。このことは、静電容量が低下すると、加工液での電荷充電時間つまり無負荷電圧時間が短くなり、ワークが発生しやすくなるために仕上げ面粗さが悪化することを示していると考えられる。

[0028]

図5は、仕上げ面粗さと粘度との関係特性を示している。図5において、横軸は仕上げ面粗さ($\mu\text{m Ry}$)であり、縦軸は粘度(cSt)である。図5に示すように、粘度(JISK2283)が高くなると、仕上げ面粗さは悪くなる傾向を持つことが分かる。図5では、粘度が 1.95 cSt から 2.67 cSt に増加すると、仕上げ面粗さは $3.100 \mu\text{m Ry}$ から $4.071 \mu\text{m Ry}$ に悪化したことが示されている。

[0029]

このことは、粘度が低いほど、加工屑やターナルなどを放電ギャップ外に放出しやすくなるので、安定な放電が可能になり、仕上げ面粗さが改善することを示していると考えられる。また、加工液の経年使用により低分子成分が揮発すると粘度が高くなるので、仕上げ面粗さは悪化することを示していると考えられる。

[0030]

このように、放電加工特性に対する加工液の物性の影響は大きく、加工速度と仕上げ面粗さは加工液の物性によって相反する影響を受けるが、図2～図5に示されるデータから、ペースオイルと添加剤の組み合わせに関係なく加工速度や仕上げ面粗さなどの加工特性の向上が図れる加工液を選定することができる。すなわち、体積抵抗率が $5.0E+12 \Omega \cdot \text{cm} \sim 1.0E+15 \Omega \cdot \text{cm}$ 、静電容量が $1.9 \text{ pF} \sim 2.2 \text{ pF}$ 、粘度が $1.5 \text{ cSt} \sim 3.0 \text{ cSt}$ である物性を持つ加工液である。

[0031]

そこで、現行の加工条件が変更できない等の理由で現行の加工条件を用いる場合に、上記のように選定した加工液を使用すれば、ペースオイルと添加剤の組み合わせに関係なく加工速度や仕上げ面粗さなどの加工特性の向上が図れることが分かる。

[0032]

具体的には、例えば次のように選定すればよい。すなわち、加工速度を重視した加工を実施する場合は、体積抵抗率が低い加工液(例えば、 $5.0E+12 \Omega \cdot \text{cm}$ 程度の加工液)を用いられればよい。また、面粗さを重視した加工を実施する場合は、体積抵抗率が高い加工液(例えば $1.0E+15 \Omega \cdot \text{cm}$ 程度の加工液)、あるいは静電容量が低い加工液(例えば 1.9 pF 程度の加工液)、あるいは粘度が高い加工液(例えば 2.5 cSt 程度の加工液)を用いられればよい。

[0033]

さて、図1に示すこの実施の形態による放電加工装置では、図2～図5に示されるデータをを用いて初期設定した加工条件を加工液の物性変化に応じて変更でき、また加工液の交換時期を通知することができるようになっている。まず、図1を参照して各部の構成等について説明する。

[0034]

図1において、被加工物(ワーク)1は、テーブル2に載置されている。主軸3に取り付けられた加工用電極4は、ワーク1との間に狭い間隔を置いて対向配置されている。ワーク1と主軸3は、それぞれ、加工用電源5に接続されている。そして、図示省略したワーク1と主軸3は、それぞれ、加工用電極4との間は、加工液貯蔵タンク6に貯蔵される加工液7によって満たされている。

[0035]

加工液貯蔵タンク6内の加工液7には、センサー8が浸されている。センサー8は、加工液7の体積抵抗率、静電容量、粘度の少なくとも一つをモニターすることができればよい。センサー8は、少なくとも、体積抵抗率では $5.0E+12 \Omega \cdot \text{cm} \sim 1.0E+15 \Omega \cdot \text{cm}$ の範囲が検出でき、静電容量では $1.9 \text{ pF} \sim 2.2 \text{ pF}$ の範囲が検出でき、粘度では $1.5 \text{ cSt} \sim 3.0 \text{ cSt}$ の範囲が検出できればよい。センサー8の検出信号は、加工特性判別装置9に入力される。

【0036】

加工特性判別装置9は、加工の進行状況を監視し安定加工が行われているか否かの情報を加工条件生成装置10に通知する従来装置が備えられている。センサ8の検出値をサンプリングして時々刻々変化する加工液7の体積抵抗率、静電容量、粘度の各値を求め、それをモニタリング情報として加工条件生成装置10に与える機能を備えている。

【0037】

加工条件生成装置10は、加工中の放電パルス状態を監視して加工の良否を判定し、その判定結果と加工特性判別装置9からの安定加工が行われているか否かの情報とに基づき適応制御を行う従来装置が備えられている。後述する加工条件データベース（図6）を持ち、加工特性判別装置9からのモニタリング情報と比較して加工液7の経時変化状態を判定し、それに応じて加工条件データベースから最適な加工条件を選定し、その選定した最適な加工条件に基づき加工液7への最適な印可電圧、パルス幅、加工電流特性（電流値と電流が流れている時間との関係であるI-P-O-N特性）、休止時間等の加工条件を生成して主軸3と加工用電源4とを制御する機能を備えている。

【0038】

このとき、加工条件生成装置10では、加工特性判別装置9からのモニタリング情報が体積抵抗率、静電容量、粘度の全ての物性値を含むときは、その全ての物性値から目的とする加工特性における加工液経時変化状態を判定するようにしている。そして、その過程で加工液の劣化状態を判定し交換時期が到来したときは、表示部111のランプを点灯し加工液7の交換時期を知らせるようになっている。

【0039】

ここで、上記の加工条件の最適化に関しては、図2～図5に示されるデータから、以下の点に留意する必要がある。すなわち、加工液の種類や加工液の劣化度によって加工液の体積抵抗率等が異なるので、同一の加工条件で加工しても、加工液の物性が異なれば同じ加工特性は得られな点である。そのため、要求する加工特性を得るには、加工液の物性に基いて加工条件を変更する必要がある。

【0040】

例えば、体積抵抗率が低下した劣化加工液では新品加工液と比較して絶縁回復が遅いため、集中放電が発生するので、新品加工液と同等の加工特性を得るには、OFF時間（休止時間）を長くする等の措置が必要になる。同様に、静電容量が低下した加工液や粘度が増加した加工液を用いる場合は、新品加工液と同等の加工特性を得る方法の1つとしてOFF時間を長くする等の措置が必要になる。

【0041】

そこで、加工液の物性に基いて加工条件を定めることを可能とするために、図2～図5に示されるデータから加工液の物性に基いて最適化した加工条件を求めてデータベース化し、加工条件生成装置10に予め設定するようにしている。図6は、加工条件生成装置10に設定する加工条件データベースの作成方法を説明する図である。図6では、加工液の物性として例えば体積抵抗率を取り上げ、図2を流用し、体積抵抗率によって加工液を分類Aと分類Bと分類Cの3つに大きく分ける場合が示されている。

【0042】

図6に示す加工条件データベースから、分類Aに属する加工液について加工速度等の加工特性が最適となるように、印可電圧等の加工条件を求める。そして、加工条件の最適化は、分類Aに属する加工液を用いて行うようにする。分類B、分類Cについても同様に実施し、各分類で最適な条件を求める。したがって、分類の数が多いほど、加工条件の設定が細かく行えるようになる。

【0043】

次に、図7を参照してこの実施の形態による放電加工装置の制御動作を説明する。なお、図7は、加工液の劣化程度に応じて行われる各種の制御動作を説明するフローチャートである。

【0044】

図7において、ステップST1では、加工条件生成装置10は、加工液貯蔵タンク6に貯蔵される加工液7の物性に基いて加工条件を加工条件データベースから選択して設定する。これによって、加工液7への最適な印可電圧、パルス幅、I-P-O-N特性や休止時間等の加工条件が初期設定され、主軸3と加工用電源4とが制御され、ワーク1の加工が開始される。

【0045】

ステップST2では、ワーク1の加工が開始されると、加工特性判別装置9はセンサ8からのモニタ結果をサンプリングし、時々刻々変化する加工液7の体積抵抗率、静電容量、粘度を求め、それを含むモニタリング情報を加工条件生成装置10に与える。

【0046】

ステップST3では、加工条件生成装置10は、加工目標となる時間や位置に到達したか否かを判断する。加工目標に到達すると（ステップST3：Yes）、従来の放電加工装置と同様に、加工を終了する。一方、加工目標に到達していない場合は（ステップST3：No）、作業者が加工状態をモニタリングして、加工状態に合わない場合は制御を行わせるために適応制御機能の使用を選択しているか否かを判断する（ステップST4）。

【0047】

加工条件生成装置10は、適応制御機能の使用が選択されていない場合は（ステップST4：No）、ステップST3に戻るが、適応制御機能の使用が選択されている場合は（ステップST4：Yes）、加工中の放電パルス状態を監視し加工の良否判定を行って適応制御を実施し、その過程で、加工特性判別装置9が安定な加工状態を示しているか否かを判断する（ステップST5）。

【0048】

そして、加工条件生成装置10は、加工特性判別装置9が安定な加工状態を示していない場合は（ステップST5：No）、加工の休止時間を初期状態よりも大きくすること、主軸3の電圧引き上げ動作であるジャンプ制御のダウン時間を小さくすることの一方または双方の措置を採り（ステップST6）、加工状態が良好に回復するのを待って、つまりステップST5において、加工特性判別装置9が安定な加工状態を示す（ステップST5：Yes）のを待って、ステップST2に戻る。

【0049】

このステップST6で行われる2つの措置は、いずれも加工効率を低下させる措置であるが、従来の適応制御（例えば特許文献4、5）では、以上のように、放電パルス状態を監視して加工の良否を判定し、良好な加工状態が得られるように加工用電源5を制御し、安定な加工状態から外れた場合は回避動作を行い、加工状態が良好に回復した場合には、回避動作から復帰動作に戻るような制御が行われている。

【0050】

この実施の形態では、ステップST5において、加工特性判別装置9が安定な加工状態を示している場合（ステップST5：Yes）、つまり、従来の適応制御機能が動作しているときに、加工条件生成装置10では、加工特性判別装置9が求めた物性値と加工条件データベースとに基づき加工液7の良否判定を行う新たな適応制御が実施される。その過程で、ステップST7の処理と、ステップST8の処理を行うようになる。すなわち、従来の適応制御は、加工状態が電流的な変化のみで実施されているが、この実施の形態では、加工液の状態というもう一つに状態量を考慮した適応制御が行われる。

【0051】

この実施の形態による新たな適応制御は、次のようにして実施される。すなわち、加工条件生成装置10は、加工特性判別装置9が求めた物性値が示す加工液の経時変化状態を時々刻々監視し、加工液の物性値が初期値から予め設定した閾値にまで変化したとき、もしくは、時々刻々の加工液状態の変化に合わせて、その加工液の物性値に応じて加工条件データベースを参照し、印可電圧、パルス幅、加工電流特性、休止時間等の加工条件のうちの一つの加工条件の設定を変化させ、または、複数の加工条件の設定を変化させ、時々刻々の加工状態変化に応じてした制御を行うようになっている。

【0036】

加工特性判別装置9は、加工の進行状況を監視し安定加工が行われているか否かの情報を加工条件生成装置10に通知する従来装置が備えられている。センサ8の検出値をサンプリングして時々刻々変化する加工液7の体積抵抗率、静電容量、粘度の各値を求め、それをモニタリング情報として加工条件生成装置10に与える機能を備えている。

【0037】

加工条件生成装置10は、加工中の放電パルス状態を監視して加工の良否を判定し、その判定結果と加工特性判別装置9からの安定加工が行われているか否かの情報とに基づき適応制御を行う従来装置が備えられている。後述する加工条件データベース（図6）を持ち、加工特性判別装置9からのモニタリング情報と比較して加工液7の経時変化状態を判定し、それに応じて加工条件データベースから最適な加工条件を選定し、その選定した最適な加工条件に基づき加工液7への最適な印可電圧、パルス幅、加工電流特性（電流値と電流が流れている時間との関係であるI-P-O-N特性）、休止時間等の加工条件を生成して主軸3と加工用電源4とを制御する機能を備えている。

【0038】

このとき、加工条件生成装置10では、加工特性判別装置9からのモニタリング情報が体積抵抗率、静電容量、粘度の全ての物性値を含むときは、その全ての物性値から目的とする加工特性における加工液経時変化状態を判定するようにしている。そして、その過程で加工液の劣化状態を判定し交換時期が到来したときは、表示部111のランプを点灯し加工液7の交換時期を知らせるようになっている。

【0039】

ここで、上記の加工条件の最適化に関しては、図2～図5に示されるデータから、以下の点に留意する必要がある。すなわち、加工液の種類や加工液の劣化度によって加工液の体積抵抗率等が異なるので、同一の加工条件で加工しても、加工液の物性が異なれば同じ加工特性は得られな点である。そのため、要求する加工特性を得るには、加工液の物性に基いて加工条件を変更する必要がある。

【0040】

例えば、体積抵抗率が低下した劣化加工液では新品加工液と比較して絶縁回復が遅いため、集中放電が発生するので、新品加工液と同等の加工特性を得るには、OFF時間（休止時間）を長くする等の措置が必要になる。同様に、静電容量が低下した加工液や粘度が増加した加工液を用いる場合は、新品加工液と同等の加工特性を得る方法の1つとしてOFF時間を長くする等の措置が必要になる。

【0041】

そこで、加工液の物性に基いて加工条件を定めることを可能とするために、図2～図5に示されるデータから加工液の物性に基いて最適化した加工条件を求めてデータベース化し、加工条件生成装置10に予め設定するようにしている。図6は、加工条件生成装置10に設定する加工条件データベースの作成方法を説明する図である。図6では、加工液の物性として例えば体積抵抗率を取り上げ、図2を流用し、体積抵抗率によって加工液を分類Aと分類Bと分類Cの3つに大きく分ける場合が示されている。

【0042】

図6に示す加工条件データベースから、分類Aに属する加工液について加工速度等の加工特性が最適となるように、印可電圧等の加工条件を求める。そして、加工条件の最適化は、分類Aに属する加工液を用いて行うようにする。分類B、分類Cについても同様に実施し、各分類で最適な条件を求める。したがって、分類の数が多いほど、加工条件の設定が細かく行えるようになる。

【0043】

次に、図7を参照してこの実施の形態による放電加工装置の制御動作を説明する。なお、図7は、加工液の劣化程度に応じて行われる各種の制御動作を説明するフローチャートである。

【0044】

【0052】

ステップST7では、表示部11のランプを点灯して交換時期を通知すべきかを判断する。表示部11のランプを点灯する場合には（ステップST7：Y00）、加工液の交換を持ってステップST2から処理動作が行われる。このステップST7の判断は、例えば次の2つの方法で行うことができる。

【0053】

すなわち、（1）加工条件生成装置10は、加工特性判別装置9からのモニタリング情報から体積抵抗率、静電容量、粘度の値から得られる加工液7の経時変化状態と加工条件データベースから得られる加工特性が得られなくなる基準とを比較してその基準内に入らなければ表示部11のランプを点灯する（ステップST7：Y00）。

【0054】

（2）また、加工条件生成装置10は、使用している加工液7に対して、体積抵抗率、静電容量、粘度を評価項目として予め求めておいた加工特性が良好な加工液のデータ群（加工条件データベース）からのマハラノビス距離を求め、マハラノビス距離が基準値より悪化すれば表示部11のランプが点灯する（ステップST7：Y00）。なお、マハラノビスの距離は、変量のバラツキと変量間の相関関係を考慮した距離であって、データX1のマハラノビスの距離は、変量が1つの場合を考えると、変量Xが平均 μ 、標準偏差 σ の分布を持っているとき、 $(X1-\mu)^2/\sigma^2$ となる。

【0055】

次に、ステップST7の判断において、加工液7は劣化しているが交換時期でない場合は（ステップST7：N00）、ステップ6での処理とは逆に加工の休止時間を初期状態よりも小さくすること、主軸3の電極引き上げ動作であるジャンプ制御のダウン時間を大きくすることの一方または双方の措置を採り（ステップST8）、ステップST2に戻る。

【0056】

ステップST8の措置内容を具体的に説明する。すなわち、加工液7は劣化しているが交換時期でない場合は（ステップST7：N00）、加工条件生成装置10は、まず図2に相当する体積抵抗率と加工速度との関係からその加工速度の上昇率を求め、新油状態での加工液の加工速度との比を計算する。この比率は、加工効率の差と考えると問題ないのでOFF設定（休止時間）に比率をかけて延ばすようにする。

【0057】

例えば、図2において、加工液Aを印で示す新油の状態から使用して加工を行い、セリヤ8の検出番号から加工条件判定装置9が加工液Aを印で示す劣化品と同じ物性値を出力したとする。このとき、体積抵抗率と加工速度との関係を見れば、新油の加工液Aは、体積抵抗率が $1.08E+13\Omega\cdot cm$ であり、加工速度が $14mm^3/min$ であるのに対し、劣化品の加工液Aでは、体積抵抗率が $2.0E+12\Omega\cdot cm$ であり、加工速度が $9mm^3/min$ であることから、加工速度向上率は、 1.36 になる。

【0058】

この場合、劣化品の加工液Aでの加工速度では、加工効率が向上し過ぎている可能性がある。これを休止時間の操作で改善する場合は、劣化品の加工液Aでの休止時間は、加工効率を計算する式（1）において加工効率を低下させるように設定すれば良い。

【数1】

$$\text{加工効率} = \frac{\text{ON(パルス幅)}}{\text{ON(パルス幅)} + \text{OFF(休止時間)} + \text{Td(無負荷電圧時間)}} \quad \dots\dots (1)$$

【0059】

この例では、加工速度を $19mm^3/min$ から $14mm^3/min$ に低下させるように加工効率を初期設定の74%になるように計算させればよいので、

【数2】

$$\text{OFF(休止時間)} = \frac{\text{ON(パルス幅)}}{0.74 \times \text{加工効率}} - \text{ON(パルス幅)} - \text{Td(無負荷電圧時間)} \quad \dots\dots (2)$$

と計算して得られた休止時間を加工条件に用いればよいことになる。

【0060】

つまり、前述のように、体積抵抗率が低下することは、熱劣化や酸化劣化を起した加工液が発生する分解物、重合物や脂肪酸、脂肪金属塩等が加工間隙を汚濁させていることと同じと考えられる。この場合は、加工液が多いときの対応と同じように休止操作すればよいとすると、新油と劣化油との加工速度の比を休止操作量に採用することで加工特性が改善されると考えられる。

【0061】

表1は、新油状態の加工液と劣化して体積抵抗率の低下した加工液とで加工を行った結果を示している。

【表1】

	体積抵抗率 $\Omega\cdot cm$	加工速度 g/min	面あさ $\mu m Ry$	面質
1 新油	9.39E+12	0.1454	23.52	シミなし
2 劣化油A	5.56E+12	0.1726	24.349	ややシミ
3 劣化油B	2.34E+12	0.19386	24.608	シミあり
4 劣化油B条件変更	2.34E+12	0.14356	23.843	シミなし

1～3：ピーク電流8A、パルス幅96 μsec 、休止時間32 μsec

4：ピーク電流8A、パルス幅96 μsec 、休止時間40 μsec

【0062】

表1に示すように、体積抵抗率の低下した加工液では、加工速度が向上した反面、加工面質が劣化した。そこで、新油状態の加工液での加工速度まで低下するような休止時間に変更して加工を行ったところ加工速度はやや減少したが、加工面質の劣化を防ぐことが可能となった。

【0063】

以上のように、この実施の形態によれば、加工液の体積抵抗率、静電容量、粘度のうち少なくとも1つをモニタリングし、加工液の物性に応じた印可電圧、パルス幅、IP-ON特性、休止時間等の加工条件を制御することにより最適な加工条件での加工を可能にしたので、加工液の種類や劣化度に関係なく常に最高の加工特性を得ることができる。

【0064】

また、体積抵抗率が5.0E+12 $\Omega\cdot cm \sim 1.0E+15\Omega\cdot cm$ で、静電容量が1.9pF $\sim 2.2pF$ で、粘度が1.5cSt $\sim 3.0cSt$ である放電加工装置用加工液を用いるので、ベースオイルの種類や物性、他の成分が変わっても高速度、高精度な加工が実現できる。また、現行の加工条件が変更できない場合に、加工液を最適なものに換えることができるので、加工特性を向上することができる。

【0065】

また、加工液の交換時期は、加工液の体積抵抗率、静電容量、粘度のうち少なくとも一つをモニタリングして得られる加工液の経時変化状態、あるいは加工液の体積抵抗率、静電容量、粘度の全てのモニタリング結果から得られる目的とする加工特性における加工液の経時変化状態と、予め求めておいた良好な加工液の加工液のデータ群との比較によって判定するので、放電点分散を伴わない加工液の劣化であっても正しく交換時期の判定が可能であり、正しく交換時期の報知が行える。

【0066】

また、加工液の交換時期は、加工液の体積抵抗率、静電容量、粘度のうち少なくとも一つをモニタリングして得られる加工液の経時変化状態、あるいは加工液の体積抵抗率、静電容量、粘度の全てのモニタリング結果から得られる目的とする加工特性における加工液の経時変化状態と、予め求めておいた良好な加工特性の加工液のデータ群との比較によって加工状態に応じた適応制御方式を採用するので、加工液が劣化し絶縁回復が行われやすくなった状態のときに、加工条件を追込み過ぎることをなくすることができる。

[0067]

また、予め用意した良好な加工特性を示す加工液のデータ群に基づき、加工液の体積抵抗率、静電容量、粘度のうち少なくとも1つの物性値に応じて最適化した加工条件を設定したデータベースを備えているので、加工液に応じた加工条件を選定するだけで、加工液の種類や劣化度に関係なく常に最高の加工特性を得ることができるようになる。

[産業上の利用可能性]

[0068]

以上のように、この発明にかかる放電加工装置は、形影放電加工装置において、加工液の診断を行い、加工特性を向上させるのに通している。また、この発明にかかる放電加工装置用加工液は、ペースオイルと添加剤の組み合わせに関係なく加工速度、仕上げ面粗さを向上させるのに通している。

[図面の簡単な説明]

[0069]

[図1] この発明の一実施形態である放電加工装置の構成を示すブロック図である。
[図2] 加工速度と体積抵抗率の関係を示す特性図である。
[図3] 仕上げ面粗さと体積抵抗率の関係を示す特性図である。
[図4] 仕上げ面粗さと静電容量の関係を示す特性図である。
[図5] 仕上げ面粗さと粘度の関係を示す特性図である。
[図6] 図1に示す加工条件生成装置に設定する加工条件データベース作成法を説明する図である。

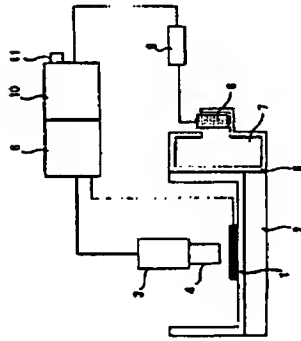
[図7] 図1に示す放電加工装置において加工液が劣化程度に応じて行われる各種の制御動作を説明するフローチャートである。

[符号の説明]

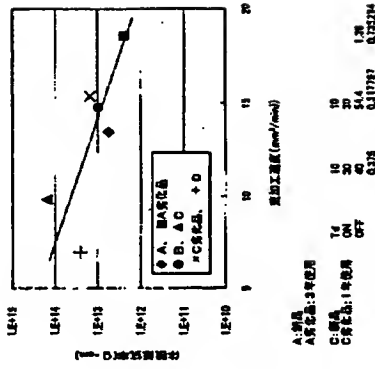
[0070]

- 1 被加工物（ワーク）
- 2 テーブル
- 3 主軸
- 4 加工用電極
- 5 加工用電源
- 6 加工液貯蔵タンク
- 7 加工液
- 8 センサー
- 9 加工液特性判定装置
- 10 加工条件生成装置
- 11 表示部

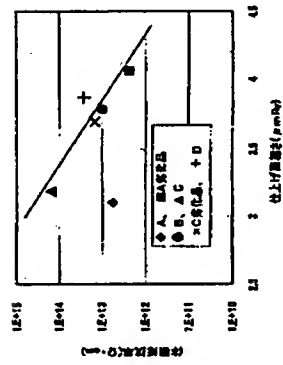
【図1】



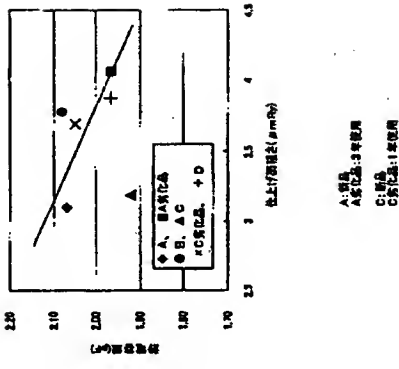
【図2】



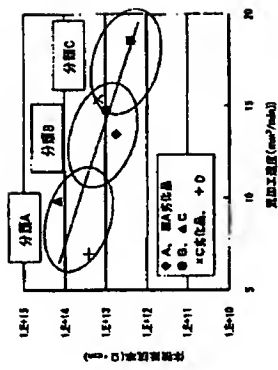
【図3】



【図4】



161



A:新品
A實化品:3年使用

C:新品
C實化品:1年使用

